

研究報文

動脈硬化リスクとしての骨格筋量の減少

和田 萌希¹, 堀田 侑希¹, 赤嶺 百子¹, 青 未空¹, 西河 浩之²,
福永 康智², 谷口 隆司², 佐藤 哲也³, 宮脇 尚志^{1,2*}

Decrease in skeletal muscle mass as an atherosclerosis risk factor

Moeki Wada, Yuuki Hotta, Momoko Akamine, Misora Ao, Hiroyuki Nishikawa,
Yasutomo Fukunaga, Takashi Taniguchi, Tetsuya Sato, Takashi Miyawaki

Summary

Objective: We investigated the relationship between skeletal muscle mass and atherosclerosis risks and determined a cut-off point of muscle mass percentage and atherosclerosis risk by gender.

Methods: The study included 4,392 untreated men and 1,116 untreated women who underwent a health check-up. We obtained body composition, blood pressure and blood samples after an overnight fast. Skeletal muscle mass was assessed using a bioelectrical impedance method. Hypertension, dyslipidemia, and diabetes were defined as atherosclerosis risks. We used percentage of muscle mass as the skeletal muscle mass (%SM). Multiple linear regression analysis was performed for %SM, waist circumference, BMI, percentage of body fat, and age as independent variables, and the number of risks as a dependent variable. ROC analysis was performed to determine the cut-off point of %SM for determining two or more numbers of atherosclerosis risks.

Results: The average levels of %SM in the subjects were 32.4±2.3% in men, and 26.4±2.3% in women, respectively. Multiple linear regression analysis showed that %SM significantly contributed to the risk for atherosclerosis, followed by age and BMI. ROC analysis showed that the optimal cut-off point of %SM was 32-33% in men and 25-26% in women for determining two or more numbers of atherosclerosis risks.

Conclusions: It was suggested that there was a significant relation between a decrease in skeletal muscle mass and atherosclerosis, independent of body composition and age. We also noted a gender difference in terms of the relation of the level of muscle mass decrease and atherosclerosis risk.

Key words: skeletal muscle, body composition, atherosclerosis, health check-up

(Received 28 September, 2019, Accepted 26 November)

I. 緒言

筋肉量の減少と筋力低下は、転倒・骨折、寝たきりなどを引き起こす可能性があり、QOLを悪化させる¹⁾。加齢に伴う筋肉量及び筋力が低下した状態はサルコペニアと定義され、近年注目されている^{2,3)}。

また、骨格筋は糖及び脂質などの生体の代謝においても重要な役割を果たしている^{4,5)}。そのため、骨格筋量の減少が運動機能の低下だけでなく、高血圧、脂質異常、糖尿病の動脈硬化リスク疾患と関連することが示唆されている⁶⁻²⁰⁾。また、骨格筋量には性差があり、同程度の年齢である場合、女性の骨格筋量は男性の3分の2程度であることから²¹⁾、骨格筋と関連する代謝において性差が存在する可能性がある。

生活習慣病とサルコペニア、及びサルコペニアに

¹ 京都女子大学大学院 家政学研究科 食物栄養学専攻

² 洛和会東寺南病院健診センター ³ オムロンヘルスケア株式会社

*連絡先 電話:075-531-7157 FAX:075-531-7170

E-mail: miyawakt.kwu@gmail.com

加え体脂肪の増加を同時に来すサルコペニア肥満との関連についてこれまでいくつかの報告がなされている^{8,9,15,17-20}。しかし、これらの報告はいずれも男女混合や高齢者が対象であり、中年者を対象とした男女別検討や、動脈硬化リスクを生じる骨格筋量減少の程度の検討はなされていない。

我々は既に人間ドック健診受診者を対象に、肥満や内臓脂肪蓄積を有さない集団において、骨格筋率の減少が他の体組成や年齢とは独立した動脈硬化リスクであることを報告した²²⁻²⁴。そこで、本研究では、日本の中年における動脈硬化リスクを生じる骨格筋率の低下の程度について男女別に検討することを目的とした。

II. 対象と方法

2016年1月～2016年12月の間にT病院にて人間ドック健診を受診した7,825名（男性6,308名・女性1,517名）のうち、重複及び欠損したデータ（男性298名・女性157名）を除外し、さらに服薬者（男性1,618名・女性244名）を除外した男性4,392名（48.5±9.6歳）と女性1,116名（48.2±11.2歳）である（図1）。

午前空腹時に、身体計測、血圧測定及び血液検査（血糖、中性脂肪、HDLコレステロール）を行った。身体計測は、身長、体重、骨格筋量を測定した。骨格筋量の測定には、上下肢インピーダンス法^{25,26}（オムロンヘルスケア社製HBF-354を改造）を用いた。動脈硬化リスク疾患とその基準は、日本のメタボリックシンドロームの基準²⁷に従い、収縮期血圧 ≥ 130 mmHg または/かつ拡張期血圧 ≥ 85 mmHgを高血圧、中性脂肪 ≥ 150 mg/dl または/かつHDL-コレステロール < 40 mg/dlを脂質異常、空腹時血糖 ≥ 110 mg/dlを高血糖と判定した。高血圧、脂質異常、高血糖の保有数を動脈硬化リスク数とした。骨格筋の評価は体重に対する骨格筋量の重量比率である骨

格筋率（%）を用いた。動脈硬化リスク数と年齢、BMI、体脂肪率、腹囲、骨格筋率の単相関分析を行い、単相関分析で有意な項目を独立変数、動脈硬化リスク数を従属変数として重回帰分析を行い、動脈硬化リスクとの関連を検討した。統計処理は、IBM SPSS Statistics 22を用いた。二群の検定は正規性の検定の後、t検定及びMann-WhitneyのU検定を行った。単相関分析はPearsonまたはSpearmanの相関分析を用いた。重回帰分析はステップワイズ法を用いた。多重共線性の評価にはVariance inflation factor (VIF)を用いた。Receiver operating characteristic (ROC)分析を用いて、個々の動脈硬化リスク及び動脈硬化リスク2項目以上を診断する骨格筋率（%）の感度・特異度が最も高くなるカットオフ値を求めた。カットオフ値の算出方法として、Youden indexを用いた。各パラメータは、平均値 \pm 標準偏差（Mean \pm SD）で表示した。各項目において、 $P < 0.05$ を有意とした。本研究はヘルシンキ宣言の精神に則ったものであり、京都女子大学臨床研究倫理審査委員会において承認された（承認番号27-3）。

III. 結果

1. 対象者の特性

男性は女性と比較して、身長、体重、BMI、骨格筋量、骨格筋率、腹囲、収縮期血圧、拡張期血圧、中性脂肪、空腹時血糖が有意に高く、体脂肪率、HDL-コレステロールは有意に低値であった（表1）。

2. 動脈硬化リスク数と年齢、BMI、体脂肪率、腹囲、骨格筋率との単相関分析

男女とも、年齢、BMI、体脂肪率、腹囲で動脈硬化リスク数と有意な正の相関が認められ、骨格筋率で有意な負の相関が認められた（表2）。

3. 単相関分析で有意となった項目を独立変数、動脈硬化リスク数を従属変数とした重回帰分析

単相関分析で動脈硬化リスクと有意な相関を認めた項目のうち、男性では体脂肪率とBMIで多重共線性を認め（VIF=13.7）、女性では体脂肪率と腹囲で多重共線性を認めたため（VIF=17.9）体脂肪率は除外して重回帰分析を行った（表3）。その結果、男性では骨格筋率が腹囲、年齢に次いで動脈硬化リスク数の有意な寄与因子であった（標準化係数=-0.110, $P < 0.001$ ）。女性では、骨格筋率がBMI、年齢に次いで動脈硬化リスク数の有意な寄与因子であった（標準化係数=-0.085, $P = 0.030$ ）。

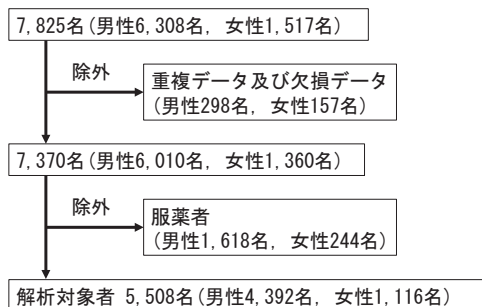


図1 解析対象者決定のプロセス

表 1. 対象者の属性

	男性（n=4,392）	女性（n=1,116）	有意確率
年齢（歳）	48.5 ± 9.6	48.2 ± 11.2	0.505
身長（cm）	171.7 ± 6.1	158.2 ± 5.6	< 0.001
体重（kg）	68.7 ± 10.4	54.2 ± 9.0	< 0.001
BMI（kg/m ² ）	23.2 ± 3.1	21.6 ± 3.4	< 0.001
体脂肪率（%）	20.5 ± 4.9	27.6 ± 5.3	< 0.001
骨格筋量（kg）	22.2 ± 3.2	14.2 ± 2.2	< 0.001
骨格筋率（%）	32.4 ± 2.3	26.4 ± 2.3	< 0.001
腹囲（cm）	83.4 ± 8.3	78.4 ± 9.3	< 0.001
収縮期血圧（mmHg）	124.5 ± 14.6	116.3 ± 16.5	< 0.001
拡張期血圧（mmHg）	78.8 ± 11.5	71.0 ± 11.9	< 0.001
中性脂肪（mg/dl）	124.8 ± 105.1	83.4 ± 57.1	< 0.001
HDL コレステロール（mg/dl）	59.4 ± 14.6	70.3 ± 15.7	< 0.001
空腹時血糖（mg/dl）	101.9 ± 13.0	97.1 ± 12.9	< 0.001

(Mean ± SD)

表 2. 動脈硬化リスク数と年齢，BMI，体脂肪率，腹囲，骨格筋率との単相関分析

	男性（n=4,392）		女性（n=1,116）	
	相関係数	有意確率	相関係数	有意確率
年齢（歳）	0.231	< 0.001	0.368	< 0.001
BMI（kg/m ² ）	0.344	< 0.001	0.312	< 0.001
体脂肪率（%）	0.381	< 0.001	0.389	< 0.001
腹囲（cm）	0.371	< 0.001	0.332	< 0.001
骨格筋率（%）	-0.376	< 0.001	-0.386	< 0.001

動脈硬化リスク数：高血圧，脂質異常，高血糖の保有数

表 3. 単相関分析で有意となった項目を独立変数，動脈硬化リスク数を従属変数とした重回帰分析

	男性（n=4,392）		女性（n=1,116）	
	標準化係数	有意確率	標準化係数	有意確率
年齢（歳）	0.163	< 0.001	0.259	< 0.001
BMI（kg/m ² ）	0.092	0.004	0.278	< 0.001
腹囲（cm）	0.217	< 0.001	-0.004	0.949
骨格筋率（%）	-0.110	< 0.001	-0.085	0.030

独立変数：年齢，BMI，腹囲，骨格筋率， 従属変数：動脈硬化リスク数

4. 個々の動脈硬化リスク及び動脈硬化リスク2項目以上を診断する骨格筋率(%)の感度・特異度を求めるためのROC分析

男性では高血圧を診断する骨格筋率のカットオフ値は32%(感度64%, 特異度59%), 脂質異常のカットオフ値は32%(感度59%, 特異度64%), 空腹時血糖のカットオフ値は33%(感度49%, 特異度77%)であった(図2-1)。女性では高血圧を診断

する骨格筋率のカットオフ値は25%(感度71%, 特異度61%), 脂質異常のカットオフ値は25%(感度68%, 特異度69%), 空腹時血糖のカットオフ値は26%(感度57%, 特異度85%)であった(図2-2)。図3に動脈硬化リスク2項目以上を診断する骨格筋率のカットオフ値を男女別に示す。男性ではカットオフ値32%程度(感度61%, 特異度67%), 女性では25%程度(感度68%, 特異度75%)であっ

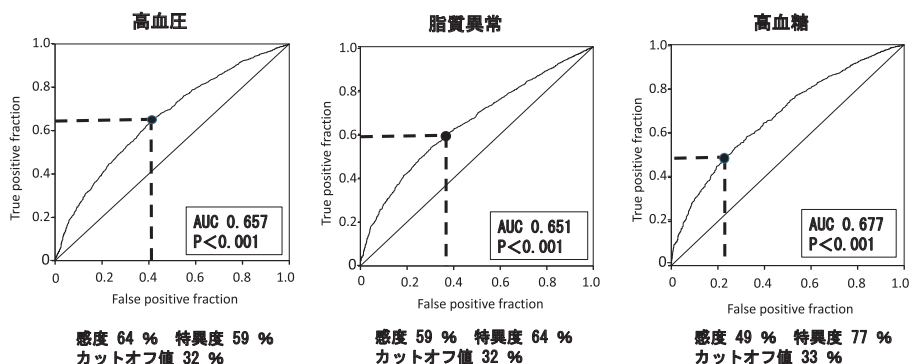


図2-1 個々の動脈硬化リスクを診断する骨格筋率のカットオフ値 (男性)

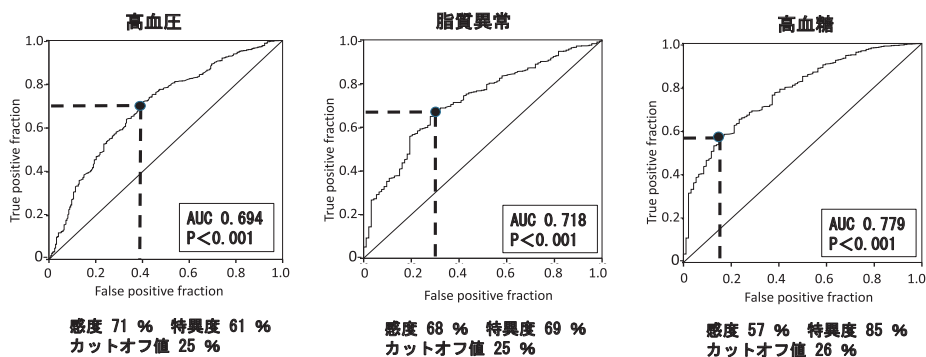


図2-2 個々の動脈硬化リスクを診断する骨格筋率のカットオフ値 (女性)

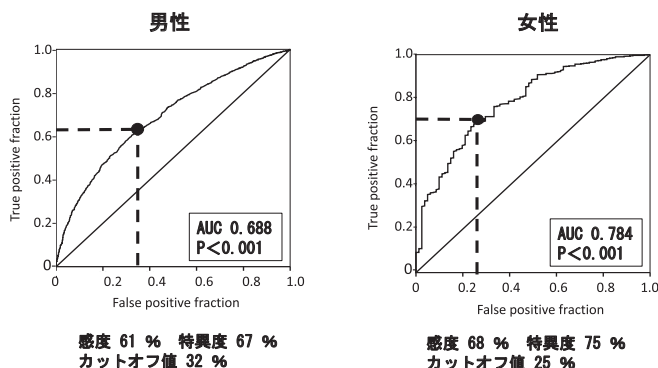


図3 動脈硬化2項目以上を診断する骨格筋率のカットオフ値 (男女)

た。カットオフ値に相当する骨格筋量は、男性で 7.3 ± 1.0 kg、女性で 3.6 ± 0.5 kg であり、女性は男性に比べ有意に低値であった。

IV. 考察

本研究では、日本の中年者における骨格筋量の減少と動脈硬化リスクとの関連及びカットオフ値を男女別に検討した初めての報告である。男性では骨格筋率は腹囲と年齢に次いで、女性では、骨格筋率は BMI と年齢に次いで動脈硬化リスクの独立した寄与因子であった。また、個々の動脈硬化リスクの有無及び動脈硬化リスク2項目以上を診断するカットオフ値は、男性では 32～33% 程度、女性では 25～26% 程度が妥当であると考えられた。

骨格筋は人体の主要な組織の一つであり、骨格筋細胞のインスリン受容体からシグナルを介して糖及び脂質代謝を行っている⁴⁾。骨格筋において糖の取り込みを増加させるホルモンとしてインスリンがあり、インスリン受容体からインスリンシグナルを介して糖及び脂質代謝を行っている⁵⁾。骨格筋量の減少と動脈硬化との関連についてのメカニズムについては完全には解明されていないが、骨格筋量の減少により骨格筋細胞内のミトコンドリア数の減少が生じるため、ミトコンドリア代謝機能が低下する。その結果、骨格筋細胞内の脂質代謝産物が蓄積することでインスリンシグナルの抑制によりインスリン抵抗性が惹起され、高血圧、脂質異常、高血糖が引き起こされて動脈硬化につながると考えられている^{28, 29)}。また、骨格筋から分泌されるホルモンの総称であるマイオカインの存在が明らかとされており、筋収縮の際に骨格筋細胞から分泌される IL-6 は骨格筋では糖の取り込みやインスリンの分泌を促進させているという報告があり、骨格筋量の減少はこれらの促進に影響を及ぼす可能性が指摘されている³⁰⁾。

本研究では、動脈硬化のリスクを生じる骨格筋率のカットオフ値は男性は女性よりも高値であった。この性差が生じる理由として、第一に、体組成における骨格筋率に性差があることが考えられる。つまり、女性の骨格筋率は男性の約 2/3 程度であるが動脈硬化と関連する骨格筋率のカットオフ値も女性は男性の約 2/3 程度となった。そのため、動脈硬化リスクと関連する女性の骨格筋率のカットオフ値も相対的に低いものと考えられ、骨格筋の細胞内脂肪増加に伴いインスリン抵抗性を惹起する程度に男女差のある可能性がある。男性で骨格筋量が多い理由として、男性ホルモンであるアンドロゲンが、骨格筋

の筋タンパク質合成の促進、筋サテライト細胞の増殖、骨格筋クレアチンキナーゼの活性化や ATP 濃度を増大させることが報告されている³¹⁾。一方で、女性ホルモンであるエストロゲンについては、閉経後女性にエストロゲン補充療法を行うと骨格筋量の減少が抑制されることが報告されていることから、エストロゲンは骨格筋量の維持に関与している可能性が示されている³¹⁾。

なお、わが国のサルコペニアの評価方法における骨格筋量減少の評価指標としては骨格筋量指数 (Skeletal Muscle Mass Index, SMI) が用いられているが^{32, 33)}、本研究では動脈硬化リスクとの関連は SMI ではなく全身の骨格筋率を用いた。この理由として、本研究では、運動機能の低下としてのサルコペニアの評価ではなく動脈硬化リスクとの関連を検討したため、動脈硬化との関連では全身の筋肉が関与していると考えられること、及びインスリン抵抗性を予測する上で骨格筋量を評価する際、骨格筋率を用いて評価することが有用とされているためである³⁴⁾。

本研究では、骨格筋量の評価として簡便かつ被曝リスクなく安全に測定できるという点から、上下肢インピーダンス法を採用した。インピーダンス法とは、体に微弱な電流を流し、その抵抗値を計測して脂肪量や骨格筋量などの体組成を推定する方法である。脂肪組織は水分が少ないため伝導性は低いが、筋肉などの電解質を多く含む組織は伝導性が高いという特性を利用している。上下肢インピーダンス法では、両手足から電流を流すため、上下肢及び体幹部のインピーダンスを測定することが可能であり、体組成評価のゴールドスタンダードである MRI 法と強い正の相関を認めている³⁵⁾。本装置のインピーダンス法で推定される骨格筋量と MRI によって測定された骨格筋量の標準誤差は $\pm 2\%$ (1.43 kg) とされる²⁵⁾。そのため、本装置の測定により算出されたカットオフ値については $\pm 2\%$ 程度の誤差を考慮する必要があると考えられる。

本研究の限界として、第一に、横断研究であるため、骨格筋量の減少と動脈硬化リスクの因果関係は不明である。第二に、サルコペニアを判定する握力や歩行速度の測定は行っていないため、対象者の筋力を考慮した骨格筋率の低下と動脈硬化リスクの評価³⁶⁾はできていない。第三に、インスリンやマイオカインなどの液性因子の測定³⁷⁾は行っていない。第四に、女性において骨格筋及び動脈硬化のリスクと関連するとされる女性ホルモンに影響する閉経との

関係についての検討は行っていない。今回の女性対象者は平均年齢が48.2歳のため、閉経者が半数程度含まれている可能性がある。閉経後はエストロゲン等の女性ホルモンの分泌低下により、筋肉量の減少といった体組成の変化が生じることがヒト及び動物で知られている³⁸⁾。エストロゲンを継続的に低下させたマウスでは筋萎縮が生じ³⁹⁾、また、ヒトでは閉経後のエストロゲン補充療法で筋肉の同化が生じるとされ⁴⁰⁾、女性ではエストロゲンが骨格筋の維持に必要であると考えられている。今後、動脈硬化のリスク因子として骨格筋量の減少を評価する場合、女性は閉経を考慮した解析が必要であると考えられる。

このような限界はあるものの、本研究の結果より骨格筋量の減少は独立して動脈硬化リスク疾患の増加と関連があり、そのリスクを生じるカットオフ値には男女差を認めた。今後は、動脈硬化リスクの体組成評価の指標として、体重や内臓脂肪に加えて骨格筋量についても男女別に考慮する必要があることが示唆された。また、骨格筋量の減少と動脈硬化リスクとの関連について、病態生理学的な機序の解明に向けた研究が必要であると考えられた。

利益相反

本論文の内容における利益相反はない。

謝辞

本研究にご協力いただきました洛和会東寺南病院健診センターの皆様へ深く感謝いたします。

文献

- 1) 原田敦：サルコペニアの疫学。下方浩史，安藤富士子，幸篤武編．サルコペニア診療マニュアル，第1版，メディカルビュー社，東京，7-13（2016）
- 2) Cruz-Jentoft AJ, Baeyens JP, Bauer JM, et al : Sarcopenia : European consensus on definition and diagnosis : Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. *Age Ageing*, **39**, 412-423 (2010)
- 3) 原田敦，秋下雅弘，江頭正人ほか：サルコペニア：定義と診断に関する欧州関連学会の監訳とQ&A. *日老医誌* **6**, 788-805 (2012)
- 4) 片岡弘明，田中聡，北山奈緒美ほか：2型糖尿病患者における骨格筋量の低下に影響を及ぼす因子の検討. *糖尿病* **56**, 350-356 (2013)
- 5) 笹子敬洋，植木浩二郎：内分泌代謝のtrends&topic 2017 代謝 サルコペニアの臨床的意義と分子病態. *Mebio* **33**, 65-73 (2016)
- 6) 真田樹義，家光素行，田畑泉ほか：高齢者の「サルコペニア」ならびに「虚弱」とその対策日本人のサルコペニアの参照値と心血管系疾患リスク及びメタボリックシンドロームとの関係についての横断的解析. *日老医誌* **49**, 715-717 (2012)
- 7) 根本友紀，佐藤友則，内海貴子ほか：動脈壁硬化と体脂肪率，骨格筋率，骨密度の関係に対する年齢，性の影響. *日職災医学会誌* **63**, 24-30 (2015)
- 8) Sampaio RA, Sewo Sampaio PY, Yamada M, et al: Arterial stiffness is associated with low skeletal muscle mass in Japanese community-dwelling older adults. *Geriatr Gerontol Int* **14**, 109-114 (2014)
- 9) Moon SS : Low skeletal muscle mass is associated with insulin resistance, diabetes, and metabolic syndrome in the Korean population : The Korean National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES) 2009-2010. *Endocr J* **61**, 61-70 (2014)
- 10) Ishii S, Tanaka T, Akishita M, et al: Metabolic syndrome, sarcopenia and role of sex and age: cross-sectional analysis of Kashiwa cohort study. *PLoS One* **9**, 1-8 (2014)
- 11) Kohara K: Sarcopenic obesity in aging population: current status and future direction for research. *Endocrine* **45**, 15-25 (2014)
- 12) Srikanthan P, Hevener AL, Karlamangla AS: Sarcopenia exacerbates obesity-associated insulin resistance and dysglycemia: findings from the National Health and Nutrition Examination Survey III. *PLoS One* **5**, 1-7 (2010)
- 13) Ochi M, Kohara K, Tabara Y, et al: Arterial stiffness is associated with low thigh muscle mass in middle-aged to elderly men. *Atherosclerosis* **212**, 327-332 (2010)
- 14) 廣滋恵一，豊永敏宏，日吉悦子ほか：勤労者を対象とした上腕一足首脈波伝播速度に影響する体成分分析要因の検討. *日職災医学会誌* **60**, 289-294 (2012)
- 15) Ou YC, Chuang HH, Li WC, et al: Gender difference in the association between lower muscle mass and metabolic syndrome independent of insulin resistance in a middle-aged and elderly Taiwanese population. *Arch Gerontol. Geriatr* **72**, 12-18 (2017)

- 16) Sanada K, Miyachi M, Tanimoto M, et al: A cross-sectional study of sarcopenia in Japanese men and women: reference values and association with cardiovascular risk factors. *Eur J Appl Physiol* **110**, 57-65 (2010)
- 17) Anbalagan VP, Venkataraman V, Pradeepa R, et al: The prevalence of presarcopenia in Asian Indian individuals with and without type 2 diabetes. *Diabetes Technol Ther* **15**, 768-775 (2013)
- 18) Leenders M, Verdijk LB, van der Hoeven L, et al: Patients with type 2 diabetes show a greater decline in muscle mass, muscle strength, and functional capacity with aging. *J Am Med Assoc* **14**, 585-592 (2013)
- 19) Srikanthan P, Hevener AL, Karlamangla AS: Sarcopenia exacerbates obesity-associated insulin resistance and dysglycemia: findings from the National Health and Nutrition Examination Survey III. *PLoS One* **5**, e10805 (2010)
- 20) Lu CW, Yang KC, Chang HH, et al: Sarcopenic obesity is closely associated with metabolic syndrome. *Obes Res Clin Pract* **7**, e301-307 (2013)
- 21) 谷本芳美, 渡辺美鈴, 河野令ほか: 日本人筋肉量の加齢による特徴. *日老医誌* **47**, 52-57 (2010)
- 22) 飯尾真実, 近藤舞, 佐藤哲也ほか: 骨格筋率の減少と動脈硬化リスク (1) 一個々のリスクとの関連. *日未病システム会誌* **22**, 82-87 (2016)
- 23) 近藤舞, 飯尾真実, 佐藤哲也ほか: 骨格筋率の減少と動脈硬化リスク (2) 一動脈硬化リスク疾患保有数との関連. *日未病システム会誌* **22**, 88-92 (2016)
- 24) Sato T, Kanaji K, Nishikawa H, et al: Relationships of skeletal muscle mass and visceral fat with atherosclerosis risk factors in middle-aged Japanese people: An assessment using accurate, simple bioelectrical impedance methods. *Ningen Dock Int* **5**, 15-21 (2018)
- 25) Oshima Y, Shiga T, Namba H, et al: Estimation of whole-body skeletal muscle mass by bioelectrical impedance analysis in the standing position. *Obes Res Clin Pract* **4**, 1-7 (2010)
- 26) 宮脇尚志, 阿部恵, 八幡兼成ほか: 上下肢インピーダンス法を用いた内臓脂肪面積の推定とその臨床応用. *肥満研究* **11**, 155-161 (2005)
- 27) 松澤佑次, 池田康夫, 片山茂裕ほか: メタボリックシンドロームの定義と診断基準. *メタボリックシンドローム診断基準検討委員会. 日内会誌* **94**, 188-203 (2005)
- 28) 鈴木瑠璃子, 田村好史: 骨格筋の老化. *Clin Calcium* **27**, 17-24 (2017)
- 29) Lee CG, Boyko EJ, Strotmeyer ES: Association between insulin resistance and lean mass loss and fat mass gain in older men without diabetes mellitus. *J Am Geriatr Soc* **59**, 1217-1224 (2011)
- 30) 眞鍋康子: 骨格筋から分泌されるホルモン (マイオカイン) の探索. *日運動生理誌* **24**, 7-12 (2017)
- 31) 相澤勝治: 性ホルモンと骨格筋. *体力科学* (2016) **65**: 455-462.
- 32) Arai H, Akishita M, Chen LK: Growing research on sarcopenia in Asia. *Geriatr Gerontol Int* **14**, 1-7 (2014)
- 33) 荒井秀典, 秋下雅弘, 葛谷雅文ほか: サルコペニア診療ガイドライン作成委員会編, サルコペニア診療ガイドライン 2017 年版, 第 1 版, 日本サルコペニア・フレイル学会 国立長寿医療研究センター, 東京, 2-66 (2017)
- 34) 平沢良和: 女性 2 型糖尿病患者の肥満の有無によるインスリン抵抗性と骨格筋量 指標との関連性. *大阪理療士会誌* **44**, 33-38 (2016)
- 35) 佐藤哲也, 大島秀武: 生体インピーダンス法による体組成の計測<人体のインピーダンス計測に基づく体脂肪率の測定原理>. *計測技術* **7**, 10-13 (2004)
- 36) 丸山祐子, 宮地元彦: 運動習慣と動脈硬化, フレイルとサルコペニア. *Arte Stiff* **23**, 16-17 (2017)
- 37) 眞鍋康子, 藤井宣晴: 糖尿病における運動とマイオカイン. *Diabetes Fronti* **24**, 174-179 (2013)
- 38) 杉本研, 楽木宏実: サイトカイン (マイオカイン) と高血圧. *血圧* **20**, 5-29 (2013)
- 39) 谷本芳美, 渡辺美鈴, 河野令ほか: 日本人の筋肉量の加齢による変化. *日老医誌* **47**: 52-57 (2010)
- 40) Kitajima Y, Ono Y: Estrogens maintain skeletal muscle and satellite cell functions. *J Endocrin* **229**, 267-275 (2016)
- 41) Sørensen MB, Rosenfalck AM, Højgaard L, et al: Obesity and sarcopenia after menopause reversed by sex hormone replacement therapy. *Obes Res* **10**, 622-626 (2001)